UNIVERSITÉ DE STRASBOURG - FACULTÉ DE PHARMACIE

1920-1921 N° 7

Contribution à l'Étude
DE
L'AMYLASE et de la SUCRASE

THÈSE

Présentée et soutenue publiquement le 25 juillet 1921
à la Faculté de Pharmacie de Strasbourg,
pour obtenir le grade de Docteur de l'Université (Mention Pharmacie)

PAR

PIERRE LEMAY

Pharmacien de 1re Classe de la Faculté de Paris
Licencié de Chimie
Ex-Préparateur à l'École de Médecine et de Pharmacie de Tours

Né à ONZAIN, le 2 Décembre 1893

Examinateurs de la Thèse { MM. LABORDE, *Professeur*, Président.
GAUTIER, *Ch. de Cours* } Juges.
VOLMAR, *Ch. de Cours* }

PARIS
IMPRIMERIE DE REUSSE
58, RUE J.-J. ROUSSEAU

1921

UNIVERSITÉ DE STRASBOURG - FACULTÉ DE PHARMACIE

1920-1921 N° 7

Contribution à l'Étude
DE
L'AMYLASE et de la SUCRASE

THÈSE

Présentée et soutenue publiquement le 25 juillet 1921
à la Faculté de Pharmacie de Strasbourg,
pour obtenir le grade de Docteur de l'Université (Mention Pharmacie)

PAR

PIERRE LEMAY

Pharmacien de 1re Classe de la Faculté de Paris
Licencié de Chimie
Ex-Préparateur à l'École de Médecine et de Pharmacie de Tours

Né à ONZAIN, le 2 Décembre 1893

Examinateurs de la Thèse { MM. LABORDE, *Professeur*, Président. / GAUTIER, *Ch. de Cours* } Juges. / VOLMAR, *Ch. de Cours* }

R. UNIV. BIBLIOTHEEK LEIDEN

PARIS
IMPRIMERIE DE REUSSE
58, RUE J.-J. ROUSSEAU

1921

UNIVERSITÉ DE STRASBOURG - FACULTÉ DE PHARMACIE

ADMINISTRATION

MM. JADIN, Doyen, ✪ I.
BRÆMER, Assesseur, ✻ ✪ I.
RENARD, Secrétaire.

PROFESSEURS

MM.	BRÆMER, ✻ ✪ I.	Matière médicale.
	JADIN, ✪ I.	Pharmacie chimique.
	LABORDE, ✪ I . .	Chimie organique.
	SARTORY, ✻ ✪ I ⚷ . . .	Bactériologie.
	LAVIALLE, ✪ A.	Botanique.
	KUENY, ✪ A	Analyse chimique.

CHARGÉS DE COURS

MM.	GAUTIER, ✪ A.	Zoologie.
	VOLMAR, ✪ A . . .	Chimie médicale.

COURS COMPLÉMENTAIRES

MM.	VOLMAR, ✪ A.	Physique.
	KUENY, ✪ A.	Toxicologie.
	JADIN, ✪ I	Pharmacie galénique.
	GAUTIER, ✪ A.	Hydrologie.
	LABORDE, ✪ I.	Chimie biologique.
	SARTORY, ✻ ✪ I ⚷ . . .	Botanique cryptogamique.
	BRÆMER, ✻ ✪ I.	Législation et Déontologie.

CHEFS DE TRAVAUX PRATIQUES

MM.	LOBSTEIN	Chimie et Physique.
	FERRET	Chimie pharmaceutique.
	GARNIER	Micrographie.
	MAIRE	Bactériologie et Parasitologie.

A

MONSIEUR LABORDE

Professeur à la Faculté de Pharmacie de Strasbourg

Officier de l'Instruction Publique

Président du Jury de ma Thèse

Témoignage de ma respectueuse admiration.

A

Mes Juges examinateurs de ma Thèse

M. GAUTIER

Chargé de cours
à la Faculté de Pharmacie
de Strasbourg.

M. VOLMAR

Chargé de cours
à la Faculté de Pharmacie
de Strasbourg.

Hommage de ma profonde reconnaissance.

A

Monsieur VILLEDIEU

Professeur à l'Ecole de Médecine et de Pharmacie

de Tours.

Hommage de ma profonde reconnaissance.

A la mémoire

De mon frère MAURICE LEMAY

blessé à Vauquois, le 28 *février* 1915

et mort pour la France, le 3 *mars* 1915.

A MES PARENTS

CONTRIBUTION à l'ETUDE de l'AMYLASE et de la SUCRASE

AVANT-PROPOS

Nous tenons à remercier vivement M. le Professeur LABORDE, qui par ses bienveillants conseils nous a permis d'élaborer ce travail dont il avait depuis longtemps l'idée ;

M. le Professeur FERNBACH de l'Institut Pasteur de Paris, qui a mis à notre disposition toutes les ressources de son laboratoire ;

M. JALOUSTRE, Ingénieur, qui s'est entremis si amicalement entre la société de Radiochimie et nous, pour nous faire obtenir les produits qui nous étaient nécessaires ;

La Société de Radiochimie (Courbevoie-Seine), qui nous a généreusement offert ces produits.

Nous prions aussi M. VOLMAR chargé de Cours de vouloir bien accepter nos sentiments de gratitude pour les conseils éclairés qu'il nous a donnés dans nos recherches.

INTRODUCTION

La question des diastases est loin d'être résolue. Deux théories sont en présence :

L'une veut que ces corps capables de transformer des quantités considérables de substances par rapport à leur propre poids aient gardé quelque chose de la vie des cellules qui leur ont donné naissance ;

L'autre veut que ces corps soient de simples catalyseurs chimiques.

Elles seront examinées dans notre conclusion.

Nous avons pensé que l'action des corps radioactifs, des rayons ultra violets à grande longueur d'onde, ainsi que des sels de lanthane agissant seuls ou simultanément pourraient contribuer à éclaircir ce sujet.

C'est l'amylase qui a servi de base à nos expériences.

L'Amylase

L'amylase est une diastase qui agit sur l'amidon en le dédoublant par hydrolyse.

DUBRUNFAUT (1) montra, en 1823, que la fécule pouvait se saccharifier sous l'influence de l'orge germé, de l'eau et de la chaleur, comme sous l'action de l'acide sulfurique étendu. Puis MITSCHERLICH, en 1826, constata que le liquide de macération de la levure de bière pouvait intervertir le sucre.

Mais c'est PAYEN et PERSOZ (2) qui, en 1832, préparèrent la première diastase. En effet, ils réussirent à retirer un ferment d'une macération de malt en la précipitant par l'alcool. Ce ferment chauffé à 65-75° en présence d'eau avec de la fécule, en sépare une substance soluble : la « dextrine », « tandis que des téguments insolubles dans l'eau surnagent ou se précipitent suivant les mouvements du liquide ». C'est cette faculté de dédoublement qui fit donner par PAYEN et PERSOZ le nom de diastase à cette substance capable d'hydrolyser 2.000 fois son poids d'amidon.

---

(1) DUBRUNFAUT. — C/R. *Acad. des Sciences*, 1823 à 1836.

(2) PAYEN et PERSOZ. — *Ann. de ch. et de phys.* Tome LIII et LVI.

Le nom de diastase ayant été depuis étendu à tous les ferments solubles, on a donné à celui du malt celui d'amylase. A vrai dire, on réunit sous ce nom le produit total qui transforme l'amidon en sucre réducteur ; mais il convient de distinguer (DUCLAUX 1899. — Traité de microbiologie) dans l'extrait de malt deux diastases :

Une diastase liquéfiante qui transforme l'amidon en dextrine et qui est l'amylase proprement dite ;

Et une diastase saccharifiante qui transforme la dextrine en maltose et qui est la dextrinase.

A la température de 65 degrés, la dextrinase est détruite, tandis que l'amylase conserve toute son activité.

L'amylase n'est pas l'apanage exclusif du malt. De nombreux auteurs l'ont signalée ailleurs :

KOSSMANN (3) et KRAUCH (4) dans les feuilles et les jeunes pousses ;

BARANETZKY (5) dans les tubercules de pommes de terre au repos ;

KJELDAHL (6) dans l'orge non germé ;

---

(3) KOSSEMANN. — C/R. 18 — page 406. *Bulletin de la Soc. de Chi.* 1877 — page 251.

(4) KRAUCH. — *Landw. Versuchsst* T. XXIII — page 78.

(5) BARANETZKY. — *Die Starkeum bildende Ferment in der Pflanzer* Leipzig 1878.

(6) KJELDAHL. — *Meddelelser fra Carlsberg Laboratoriet* 1879, T. 1.

BROWN et MORRIS (7) dans les jeunes embryons d'orge et d'autres graminées ;

GREEN (8) dans un grand nombre de graines.

On l'a trouvée également chez les animaux. LEUCHS (9) découvre, en 1831, dans la salive une diastase de même nature (ptyaline) que celle de l'orge et, en 1845, MIAHLE (10) l'isole ;

BOUCHARDAT et SANDRAS (11) la trouve dans le pancréas en 1845, puis MAGENDIE et Claude BERNARD plus tard, DASTRE (14) la décèle dans le foie ;

Enfin BECHAMP (13) la signale dans l'urine.

Les champignons et les microbes secrètent aussi de l'amylase. Ce sont :

L'aspergillus niger	DUCLAUX (14).
Le penicillium glaucum	—
L'aspergillus orizoe	ATKINSON et BURGER (15).

---

(7) BROWN et MORRIS. — *Journ. of the chemical soc.* mai 1893. 1889 page 462.

(8) DUCLAUX. — *Traité de microbiologie.*

(9) LEUCHS. — *Katsner Archiv. f d d ges naturlehren* 1831.

(10) DUCLAUX. — *Traité de microbiologie.*

(11) BOUCHARDAT et SANDRAS. — C/R. 1845, page 1885.

(12) DASTRE. — *Arch. de physiol. normale et path.* 1888.

(13) BECHAMP. — *Montpellier medical* 1865.

(14) DUCLAUX. — *Chimie biologique* 1883, pages 142 et 195.

(15) ATKINSON. — *Memoir's of the science departt Tokio* 1881.

Le mucor alternans	GAYON et DUBOURG (16).
Le mucor racemosus	—
L'amylomices Rouxii	CALMETTE (17).
Le bacille charbonneux	FERMI (18).
— de Koch	—
— ramosus	—
— subtillis	—
— megaterium	—

Mais toutes les amylases, suivant leur origine, ont des propriétés un peu différentes. C'est ainsi que l'amylase de l'orge, du blé et de la plupart des graminées donne du maltose, tandis que celle :

Du maïs	VAN LAER (19).
Du soja hispida	STRINGL et MIRAWSKI (20).
De la gomme arabique	BECHAMP (13).
Des feuilles	BROWN et MORRIS (7) BRASSE (21).
Du polyporus sulfuréus	BOURQUELOT et HERISSEY (22).
De certains mucors	MUSCULUS et GRUBER (23).
De l'aspergillus glaucus et de l'aspergillus niger	GRIMBERT (24).

donne du maltose et du glucose.

---

(16) GAYON et DUBOURG. — *Ann. de l'Inst. Pasteur* T. V. 1887.

(17) CALMETTE. — *Ann. de l'Inst. Past.* T. VI, 1892, p. 604.

(18) DUCLAUX. — *Traité de microbiologie.*

(19) DUCLAUX. — *Traité de microbiologie.*

(20) DUCLAUX. — *Traité de microbiologie.*

(21) BRASSE. — C/R. T. XCIX, page 878 et *Sté de Biologie.*

(22) BOURQUELOT. — *Journal de Ph. et de Ch.* T. X 1884, p. 177.

(23) MUSCULUS. — *Ann. de che de ph.* (3) T. IX, page 203.

(24) DUCLAUX. — *Traité de microbiologie.*

Nous nous sommes servis exclusivement pour nos essais de l'amylase du malt, préparée par le procédé habituel suivant :

Le malt frais est séché et mis à macérer avec trois fois son poids d'alcool à 20 degrés, pendant 24 heures. Dans le liquide filtré on coagule la diastase par addition de 2 volumes d'alcool absolu. On la redissout et on la précipite de nouveau, puis on la lave à l'alcool et on sèche dans le vide en présence d'acide sulfurique. — On a ainsi une poudre blanche amorphe, légère, soluble dans l'eau, neutre aux réactifs colorés et sans saveur.

Nature colloïdale de l'Amylase

Sa charge électronégative

L'amylase, comme les autres diastases, est un colloide. Les travaux de A. MAYER (1), de Mme GATIN-CRUZEWSKA (2), ont montré que les trois ordres de constituants des organismes vivants : albuminoides, amyloides, lipoides, sont des colloides (3).

De ce fait, les corpuscules ultra-microcoscopiques qui les constituent portent une charge électrique. On s'en rend facilement compte si on étudie les phénomènes de cataphorese ou transport des particules dans un champ électrique auxquels ils donnent lieu (4).

En 1892, LINDER et PICTON constatèrent que, si on

---

(1) V. HENRI et A. MAYER. — *Traité de Phys. de Chwolson* 1907. — Etat actuel de nos connaissances sur les colloïdes. — *Revue gén. des sciences* 1904, page 1015.

MAYER et SCHAEFFER. — C/R. de *Soc. de Biol.*, 20 juillet 1907. T. LXIII, page 184, MAYER, SCHAEFFER et TERROINE C/R. *Ac.* 2 mars 1908.

(2) Mme GATIN CRUSEWSKA. — C/R. *Ac.* 1904, page 507, C/R. 9 mars 1908..

(3) STODEL. — *Thèse de Doct. en médecine Paris* 23 juillet 1908.

(4) REUSS. — *Mém. de la Soc. imp. des nat. de Moscou* T. II, p. 332, 1808.

fait passer un courant électrique à travers une solution colloidale, le colloide est transporté de l'une des électrodes vers l'autre.

Ce transport est vérifié facilement à l'aide d'un tube en U muni de deux électrodes de platine. La pseudo solution présente au bout de quelque temps une zone claire au niveau d'une des électrodes et une zone plus condensée au niveau de l'autre — zones qui augmentent progressivement en fonction du temps et de l'intensité du champ.

On peut également étudier ce transport à l'ultra-microscope, en se servant d'une lame porte-objet portant deux lames de papier d'étain qui serviront d'électrodes si on les intercale dans un circuit. (Voir dispositif indiqué plus loin pour l'amylase).

Ce phénomène se rapproche tout naturellement de celui de cataphorèse ou osmose électrique et de l'électrolyse — dans ce dernier cas le transport des ions est fonction de l'intensité du courant ; dans le cas des poudres et des colloides le transport est fonction du champ (5).

Il y a donc des colloides positifs et négatifs, comme il y a des ions positifs et négatifs.

WIEDEMANN. — *Ann. der phys. u ch.* 87, page 321, 1852.

QUINCKE. — *Ann. der phys, u ch.* 43, page 513, 1861.

HELMHOLTZ. — *Ann. der phys. u ch.* 7, page 337.

PERRIN. — C/R. *Ac.* 1903, page 1380-1442. *Journ. de Chimie physique*, T. II, p. 601, 1904.

(5) STODEL. — Thèse déjà citée.

VICTOR Henri et A. MAYER (6) en donnent la liste suivante :

COLLOIDES POSITIFS

Hydrate ferrique	hydroxyde de zircon.
— de cadmium	acide titanique coll.
d'aluminium	oxyhémoglobine.
— de chrome	violet de méthyle.
— de cerium	bleu de méthyle.
— de thorium	rouge de Magdala.

COLLOIDES NÉGATIFS

Or — argent — platine	chlorures colloïdaux.
Palladium — iridium	iodures — bromures.
Cadmium — sélénium — tellure	ferrocyanures de Cu, Zn, Fe.
Soufre — acide silicique	bleu d'aniline — indigo.
Ac. stannique — ac. molybdique	ac. tungstique — ac. vanadique.
Sulfure colloïdaux	vert de méthylamine — fuchsine.
Auréosine — gélatine	albumine — amidon — dextrine.
Glycogène.	gommes.

Il faut pour toutes ces déterminations de signe opérer au sein d'eau distillée. La présence d'électrolytes pouvant faire changer le signe. « Si les liquides ionisants n'ont pas été préparés avec un soin tout particulier ou bien si on y ajoute des électrolytes, ils contiennent sous forme d'ions libres des charges électriques considérables et alors les charges électriques du liquide et de la paroi se formeront aux dépens même de ces ions. De cette variation de charge résultera un changement dans le sens du transport ; aussi des poudres de chlorure de chrome, d'oxyde de zinc, d'oxyde de cobalt, de

(6) V. HENRI et A. MAYER. — Art. cité.

sulfure de zinc qui dans l'eau pure ou dans l'eau acidulée se transportent vers le pôle négatif et ont par conséquent une charge positive, prennent dans une solution alcaline une charge négative et sont transportés vers le pôle positif. Ce ne sont pas seulement les ions H ou OH des acides ou des bases qui agissent, mais aussi les ions des différents sels et ceux-ci agissent d'autant plus que leur valence est plus élevée. »

D'après le tableau donné plus haut, on peut se rendre compte que les colloides organiques sont généralement négatifs. C'est le cas de l'amidon, du glycogène, des lipoïdes, des graisses, des lécithines, de la majorité des albumines. Seuls la mucine, la caséine et certains autres protéïdes, se comportent dans certains cas comme positifs. Mais ces variations de signe sont dues à la présence d'électrolytes et surtout des acides et des bases. ISCOVESCO (7) a étudié à peu près tous les liquides de l'organisme et a constaté dans le sérum sanguin : deux albumines (correspondant aux albumines et globulines), l'une négative et l'autre positive (globulines) ;

Dans le plasma deux globulines, l'une positive et l'autre négative ; alors que la fibrine est électro-positive ainsi que l'hémoglobine, tans que le stroma globulaire est électro-négatif.

Il a constaté aussi que la pepsine est électro-positive, tandis que dans le suc pancréatique ne se trouvent que des colloïdes électro-négatifs. Il en est de même de la bile. Nous arrêterons là ces citations.

---

(7) ISCOVESCO. — *Société de Biologie.*

Nous avons cherché quel était le signe de l'amylase du malt.

Pour cela nous avons fait passer le courant d'une batterie de piles présentant une différence de potentiel de 6 volts à ses pôles, dans une solution d'amylase à 0,5 0/0 contenue dans un tube en U de 1 cm. de diamètre et de 15 cm. de haut. Après deux heures, la solution présentait une zone claire au pôle négatif et une zone concentrée au pôle positif, chacune de 1 cm. 5 environ. Il y avait donc transport net de l'amylase du pôle négatif vers le pôle positif.

Nous avons réalisé la même expérience à l'ultra-microscope.

Sur la lame porte-objet, nous avons fixé deux petites bandes de papier d'étain éloignées l'une de l'autre de 1 cm. environ et délimitant un espace entre lequel nous avons mis la solution d'amylase.

Nous avons posé une lamelle de manière à recouvrir le liquide et une partie des deux bandes métalliques. Nous avons alors relié les extrémités des bandes, dépassant la lame, aux électrodes de notre pile, et nous avons constaté le transport, du pôle négatif vers le pôle positif.

L'amylase est donc un colloïde négatif.

L'expérience suivante autorise cette conclusion, et vient la confirmer :

Si un colloïde positif, le bleu de méthyle par exemple, est ajouté au colloïde amylase il se forme un précipité. Ce qui, en vertu de la loi qui veut que deux colloïdes de signes contraires se précipitent, est une preuve que l'amylase a bien une charge négative.

Substances radioactives employées

Les substances mises à notre disposition par la Société de Radiochimie de Courbevoie (Seine) ont été : le bromure de Radium, le bromure de mesothorium et de bromure de thorium X.

En 1896, BECQUEREL découvrait une nouvelle propriété de la matière : la radio-activité ; propriété qui consiste en ce que des substances telles que l'uranium, le thorium, le radium ou leurs sels, émettent spontanément certains rayons capables de traverser les corps opaques, se traduisent par des manifestations d'énergie chimique et d'énergie physique dont les plus importantes sont : d'impressionner les plaques photographiques, de provoquer la phosphorescence ou la fluorescence de certaines substances placées dans leur voisinage, de décharger les corps électrisés (parce qu'ils rendent les gaz conducteurs) de dégager de la chaleur.

Mettant à profit ces résultats, M. et Mme CURIE (2) parvinrent à isoler un nouveau métal des résidus de pechblende ; le radium doué d'une activité considérable. L'action exercée par le champ magnétique sur les rayons du radium a permis de les diviser en trois groupes désignés par les lettres α β γ Ce phénomène fut constaté par

---

(1) BECQUEREL. — C/R. *Acad.* 1896.
(2) M. et Mme CURIE. — C/R. *Acad.* déc. 1898.

M. GIESEL vers la fin de 1899, puis par MEYER et SCHWEIDLER.

a) Rayons α : Les rayons α se composent de particules chargées d'électricité positive animées d'une vitesse de 10 à 20 fois inférieure à celle de la lumière et dont la masse est de même ordre de grandeur que l'atome d'hydrogène. Ils constituent 99 0/0 environ du rayonnement total. Leur pouvoir pénétrant est très faible. Ils sont déviés vers le pôle sud du champ magnétique. Ces rayons sont analogues aux rayons canaux de GOLDSTEIN.

b) Rayons β : Les rayons β sont fortement déviés par l'aimant vers le pôle nord. Ils sont eux analogues aux rayons cathodiques. De même que ces derniers, ils sont chargés négativement et sont constitués de particules extrêmement petites dont la masse serait 2. 000 fois plus petite que celle de l'atome d'hydrogène et animés d'une vitesse comparable à celle de la lumière. Ils sont beaucoup plus pénétrants que les rayons .

c) Rayons γ : Les rayons γ analogues aux rayons X sont pénétrants et insensibles à l'action de l'aimant. Leur puissance est telle qu'ils peuvent encore être perceptibles après avoir traversé une plaque de fer de 30 cm. d'épaisseur.

Le Bromure de radium isolé possède une activité qui atteint 1.500.000. Le rendement est de 2 à 3 décigrammes par tonne de résidus, et celui-ci nécessite 5 tonnes de réactifs divers et 50.000 litres d'eau de lavage (d'après DANIEL (3).

(3) DANIEL. — *Radio-activité* Paris 1905.

Le thorium est un élément utilisé depuis 20 ans pour la fabrication des manchons incandescents à gaz. On le trouve abondamment dans les sables de certaines côtes du Brésil, dans les Carolines du Nord et du Sud et dans l'Inde. Sous l'action des vagues de la mer, il se produit dans ces sables une concentration naturelle du minéral lourd appelé monasite, que l'on rencontre en très faible quantité dans les roches ainsi que dans les sables provenant de leur désagrégation par les agents atmosphériques. Le sable de monazite contient environ 4 0/0 d'oxyde de thorium et on en extrait chaque année plusieurs centaines de tonnes de sels de thorium pur, destinés à l'industrie des manchons. Dans les minerais de thorium, deux produits valent l'extraction. Ce sont : le mésothorium et le radio-thorium (OTTO HAHN, W. RAMSAY et E. RUTHERFORD), tous deux produits de désintégration du thorium. Leur durée d'existence est respectivement de neuf et de trois ans environ. L'extraction de ces deux corps des sous-produits de l'industrie du thorium est coûteuse parce que malgré l'abondance et le bon marché de ces sous-produits, il en faut beaucoup plus que pour l'extraction du radium. (F. SODDY (5).

Le radiothorium accompagne le thorium et le mesothorium le thorium X et il est impossible de les séparer directement. Mais il est relativement facile de séparer les deux groupes et ensuite de dissocier chacun d'eux.

---

(5) F. SODDY. — *Le Radium*, trad. Lepape Paris 1919.

On opère sur les substances à l'état de nitrates — 1 gr. est dissout dans 100 cm. 3 d'eau, on ajoute ensuite de l'ammoniaque en excès à la solution chaude. Le thorium X et le mesothorium restent en solution tandis que le thorium et le radiothorium sont précipités. On filtre puis on évapore la liqueur a siccité pour en chasser les sels d'ammonium. Le résidu contient le thorium X et le mesothorium. La brièveté de la vie du thorium X permet en 1 absence de radiothorium son générateur d'obtenir du mesothorium presque pur.

Dosage des matières radioactives

Quelles sont les méthodes de dosage des matières radioactives.

Elles sont évidemment spéciales de par la nature même de ces substances et par les quantités infimes qui sont à notre disposition.

On a alors établi des étalons et pour déterminer la teneur d'un échantillon en radium on compare son activité à celle d'un étalon. Un de ces étalons a été déposé à Paris par Mme CURIE ; il est constitué par 21 mmg. 99 de chlorure de radium pur enfermés dans un tube dont les parois très minces absorbent très peu les rayons γ . Un autre formé de 31 mmg. 17 de chlorure de radium pur a été déposé à Vienne. Et la composition des rayons γ émis par les deux étalons a montré qu'ils concordent à moins de 2 dixièmes pour 100 près.

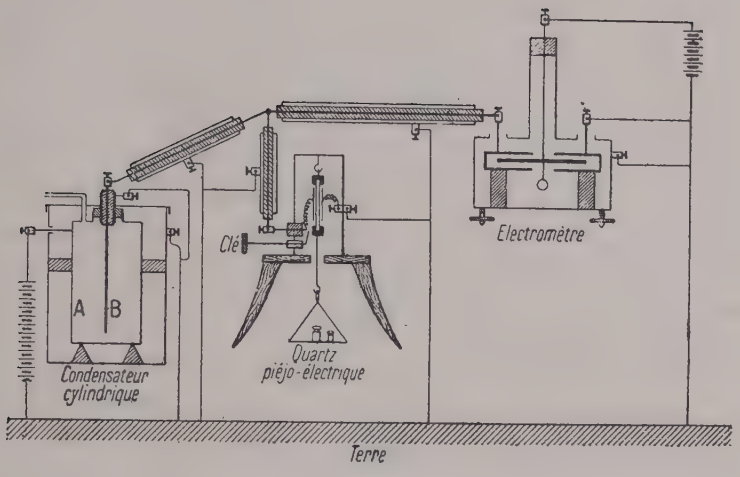
La teneur en mésothorium d'un échantillon est généralement exprimée en termes de radium. On compare son activité γ à celle d'un étalon de radium. Ainsi une quantité de mésothorium donnant la même activité γ que 1 mmg. de radium est considérée comme équivalente à un milligramme de mésothorium.

Le dosage des substances radioactives qui ont servi à nos expériences a été fait de la façon suivante :

On est parti d'une quantité assez grande de matière radioactive supérieure à 1 mmg. pour pouvoir être comparée à un étalon de radium étalonné au laboratoire Curie et le dosage a été effectué par la méthode des rayons γ — Puis la substance en solution a été divisée de façon à obtenir les quantités indiquées dans nos tableaux. Cette manière d'opérer nous a paru la plus exacte, car le dosage de très petites quantités de matières radioactives est susceptible de beaucoup d'erreurs.

La méthode employée est basée sur les phénomènes d'ionisation des gaz par les rayons γ .

Elle consiste à compenser à chaque instant le courant d'ionisation à mesurer, par un courant égal et de signe contraire dont on puisse apprécier la valeur. Cette compensation est effectuée à l'aide du quartz piézo-électrique de J. et P. Curie (en effet un cristal de quartz, soumis à une compression, crée un champ électrique et libère des charges dans certaines directions ; et il existe une relation simple entre la quantité d'électricité dégagée et les dimensions de la lame.) la figure indique l'ensemble de l'installation.



Les connexions étant convenablement réalisées pour que l'enlèvement d'un poids du plateau tenseur du quartz libère des charges de signes contraires à celle que fournit le courant à mesurer i : on place un poids P sur le plateau, on isole la paire de cadrans, l'électromètre dévie ; on note avec un compte secondes son passage à une position très voisine de l'équilibre ; on enlève progressivement le poids P de façon à ramener l'électromètre à l'équilibre et à l'y maintenir. Quand le poids P est totalement enlevé l'électromètre repart et on note le moment où il repasse à la position déjà notée très voisine de l'équilibre.

La valeur du courant i est donnée par la formule : $i = -\frac{q}{t}$ dans laquelle q est la charge fournie par le quartz (charge connue, qui est toujours la même pour le même poids P, et qui constitue une constante déterminée une fois pour toutes au moment de l'étalonnage du quartz).

Action du radium sur les colloïdes

L'action des rayons du radium sur les colloïdes a déjà été étudié par de nombreux expérimentateurs. V. HENRI et A. MAYER (1) examinèrent des colloïdes positifs (hydroxyde de fer, violet de méthyle, rose de magdala) et des colloïdes négatifs (argent colloïdal, ferrocyanure de cuivre, bleu d'aniline) en exposant à l'action des rayons du radium 2 cm3 de sols enfermés dans un tube de verre. Chez les colloïdes positifs la coagulation se produisit après cinq jours, tandis qu'elle ne s'observa pas chez les colloïdes négatifs. C. DOELTER (2) choisit pour ses expériences des sols d'hydroxydes de manganèse, d'aluminium, de chrome et de fer, en outre des sols de trisulfure d'arsenic, d'antimoine et de selenium. Dans un sol de selenium non exposé aux rayons du radium, il se dépose après cent jours du selenium amorphe et dans un sol exposé du selenium cristallisé. Les sols des hydroxydes précités, ne présentent pas de coagulation tandis que ce fut le cas pour les sols des trisulfures d'arsenic et d'antimoine et pour le silicate de sodium. W. B. JORRISON et W. WOUDSTRA constatèrent qu'un sol exposé aux rayons du radium est plus sensible à la floculation par les électrolytes qu'un sol n'ayant pas subi l'action du radium.

---

(1) V. POSCHL. — Introduction à la chimie colloïdale 1912.
(2) DOELTER. — *Das radium und die Farben* 1910.

Action des rayons du radium sur les organismes vivants et sur leurs produits

Les rayons du radium sont nocifs pour les êtres vivants. DAUPHIN (1) a constaté qu'ils arrêtaient la croissance du mycellium de Mortierrella et empêchaient la végétation des spores.

MATOUT (2) qu'ils arrêtaient la germination des semences de cresson et de senevé blanc.

BOHN (3) a montré les troubles apportés au développement des larves de batraciens.

DANISZ (4) observa sur les larves d'insectes la paralysie au bout de vingt-quatre heures et la mort au bout de trois jours. Il chercha l'action du chlorure de barium radifère (1 cg. activité 500.000) sur les animaux supérieurs, et arriva à détruire par application l'épiderme et le derme chez les cobayes, alors que chez le lapin il n'y eut qu'excitation de la croissance du poil. Aucune action sur les intestins. Le système nerveux montra une grande sensibilité : le tube de radium appliqué sous la peau, au-dessus de la colonne vertébrale, et à la base du crâne provoque la paralysie au bout de

---

(1) DAUPHIN. — C/R. *Ac.* 1904, T. CXXX, VIII, page 154.

(2) MATOUT. — Radio-activité, J. DANIEL 1905, Paris 1.

(3) BOHN. — Radio-activité J. DANIEL 1905, Paris 1.

(4) DANISZ. — Radio-activité, J. DANIEL 1905, Paris 1.

quelques heures, puis des convulsions et la mort ; celle-ci se produisit au bout de 12 à 18 heures pour des souris de un mois ; pour des souris plus âgées, elle ne vint qu'après quelques jours et pour des lapins qu'après quelques mois. A distance, le radium provoqua également la mort sur les souris à la suite d'hémorragies internes, après trois semaines pour les adultes ; la peau était congestionnée et sans consistance.

LONDON, ZUKOWSKI et d'autres encore (6) obtinrent les mêmes résultats.

BOUCHARD, CURIE et BALTHAZARD (7) étudièrent l'action de l'émanation introduite par les voies respiratoires et déterminèrent la mort par congestion pulmonaire intense.

CURIE, BECQUEREL, POUSSEF et BOHN (8) expérimentèrent sur eux-mêmes l'action des sels de radium et se firent des brûlures de la peau, nettes et difficilement guérissables.

LONDON (9) montra que l'action des rayons du radium

---

(5) DANISZ. — Radio-activité, J. DANIEL 1905, Paris 1.

(6) LONDON et ZUKOWSKI. — Radio-activité, J. DANIEL 1905, Paris 1.

(7) BOUCHARD, CURIE et BALTHAZARD. — C/R. *Ac.* 6 juin 1904.

(8) CURIE, BECQUEREL, POUSSEF et BOHN. — J. DANIEL, art. cit.

(9) LONDON. — Action physiog. et pathol. des produits du radium. *Arch. de l'Electric. médic.* N° 148, 1904.

pouvait provoquer dans les différentes parties de l'œil l'inflammation ou l'atrophie.

Quant aux bactéries, ASCHKINASS et CASPARI (10) montrèrent qu'elles sont très sensibles à l'action du radium, en particulier les bacilles du typhus et du choléra et les spores du charbon qui sont tuées en trois jours.

« Les nombreuses expériences effectuées par SREBEL, PFEIFFER et FRIEDEBERGER, DANYSZ, LONDON, DIXON et WIGHAM ont mis en évidence le pouvoir bactéricide des substances radioactives. L'émanation exerce une action analogue ainsi que l'ont montré DANISZ et GODBERG (11). »

Mais les travaux les plus intéressants pour notre sujet sont ceux qui ont porté sur les produits de l'organisme. Ils ont été nombreux.

Suivant PHISALIX (12) le radium diminue la virulence du venin de vipère et le rend inoffensif au bout de 58 jours.

D'après l'article de LONDON (13), dans les archives d'électricité médicale qui résument les travaux effectués sur les ferments, il faudrait conclure que les rayons du radium se comportent d'une manière différente vis à vis de ceux-ci :

a) La chymosine (SIGVAL-SCHMIDT et NIEL-

---

(10) ASCHKINASS et GASPARI. — *Pflügerarchives*, T. LXXXVI, p. 607.

(11) J. DANIEL. — Livre cité.

(12) PHYSALIX. — C/R. 22 février 1904.

(13) LONDON. — Article cité.

SEN) (14) ; l'invertine, l'émulsine (V. HENRI et A. MAYER) (15) ; l'hémolysine (DANISZ) (16) ; l'agglutinine typhique (JAGU) (17) ; perdent plus ou moins leur efficacité.

b) La pepsine (LONDON) (18) ; le lab-ferment et la trypsine (V. HENRI et A. MAYER) (19) ; la toxine diphtérique (GOLDBERG) (20) ; ne subissent aucune action.

c) La trypsine (DANISZ) (21) ; serait activée.

On voit qu'il y a contradiction au sujet de la trypsine entre V. HENRI et A. MAYER et DANISZ.

D'après LONDON (22) l'émanation n'aurait aucune action sur la pepsine du suc gastrique, les substances hémolytiques et spermolytiques du sérum de lapin ; seule la zymase de BUCHNER serait légèrement affaiblie.

---

(14) SIGVAL, SCHMIDT et NIELSEN. — *Wirkung der radiumtral en auf Chymosine. Beihage sur Chemis Physiol.* 1904, Band 5 Heft 74 — 8 — S — 398.

(15) V. HENRI et A. MAYER. — Action des radiations du radium sur les colloïdes. C/R. *Soc. Biol.* 1903, p. 229. — Action des radiations du radium sur es ferments solubles. C/R. *Soc. Biol.* 1904, p. 230.

(16) DANISZ. — C/R. *Académie* 1904, N° 7, p. 461. — 1903 N° 26, p. 1296.

(17) JAGU. — V. London, art. cité.

(18) LONDON. — Art. cité.

(19) V. HENRI et A. MAYER. — Art. cité.

(20) GODBERG. — London, art. cité.

(21) DANISZ. — Art. cité.

(22) LONDON. — Art. cité.

V. HENRI et A. MAYER ont fait des expériences de deux ordres :

a) Action des radiations pendant un temps variable sur des solutions de ferment dont on a ensuite essayé l'activité ;

b) Le ferment et la substance à transformer étant mis en présence, on a fait agir sur eux des radiations et on a suivi la marche de la transformation.

Dans toutes ces expériences, les résultats n'ont été positifs qu'après un temps très long d'action du radium sur le ferment. Et il serait intéressant de savoir si pour une cause ou une autre le signe des particules colloïdales de ferment n'avait pas varié et si ce n'était pas là la seule cause de l'action constatée. D'autant plus que la pepsine qui ne subit aucun affaiblissement est positive et qu'à priori, par ce fait même, elle aurait du être précipitée.

Il semble en effet qu'un ferment n'agit sur une substance que si celle-ci est de même signe que lui :

C'est ainsi que la pepsine positive agit sur les albumines positives (en milieu acide) ; que la maltine négative agit sur l'amidon négatif ; que la trypsine négative agit sur les albumines négatives (en milieu alcalin) ; que la stéapsine négative agit sur les graisses négatives ; que l'invertine négative agit sur les sucres négatifs ;

Que l'action empêchante du sérum sanguin sur le suc gastrique est dûe à des réactions précipitantes se passant entre les colloïdes négatifs du sérum et les colloïdes positifs du suc gastrique (conséquence de la loi générale de précipitation des

colloïdes de signes contraires) ; ISCOVESCO (23) a montré qu'à ce point de vue le plasma était beaucoup plus actif que le sérum, parce qu'il contient en plus des albumines, des globulines négatives.

Il se peut que dans les expériences citées les radiations du radium aient déterminé soit la formaton d'ions de signe contraire aux colloïdes examinés qui ont fait changer celui-ci de signe — soit le changement de signe du colloïde même. Il eut été intéressant de chercher au moment de pratiquer l'essai, s'il y avait eu changement de signe et s'il y avait eu précipitation, ou tout au moins agglomération des grains pour en former de plus gros. Ce qui expliquerait très bien la diminution d'activité des ferments ou leur « mort ».

D'ailleurs, une autre série d'expériences a été effectuée en 1913 par LAZARUS (24). Cet auteur a fait agir le Thorium X en solution, par conséquent en contact direct avec les ferments, sur la trypsine et il conclut « la digestion de la peptone par la trypsine n'est influencée en aucune manière ni par le thorium X, ni par ses produits de désintégration, ni par les rayons émis par ces substances » — les mêmes essais répétés avec la sucrase lui font dire : « les recherches en ce qui concerne le sucre de lait et le sucre de canne, malgré les

---

(23) ISCOVESCO. — V. Stodel. — Les colloïdes en Biologie et en Thérapeutique. Thèse Paris 1908.

(24) P. LAZARUS. — *Handbuch der Radium — Biologie und therapie einchbesslick der Anderen. Radioactiven élémente.* Wiesbaden Verlag von Bergmann 1913.

intensités variées et la durée d'action n'ont prouvé aucune activation ni aucune inhibition du processus de fermentation ».

Il affirme également que la trypsine n'est pas influencée par le radium.

Nos expériences

Dans nos expériences nous avons mis en contact direct les sels radio-actifs et les ferments. Comme V. HENRI et A. MAYER, nous avons établi deux séries d'essais :

1° Les sels radio-actifs, l'amylase et l'empois d'amidon ont été mis en présence au bain-marie à 54°, en même temps qu'un tube témoin ne contenant pas de sels radio-actifs ;

2° Les sels radio-actifs et l'amylase ont été laissés en contact pendant un certain temps et on a ensuite comparé l'activité de cette amylase ainsi traitée avec une même solution d'amylase témoin.

Les tableaux suivants résument ces essais :

BROMURE DE RADIUM

1re série

Bromure de Radium	Amylase à 0.3 0[0	Empois d'amidon à 10 0[0	Maltose trouvé au bout d'une heure	Maltose trouvé dans témoin
1/20 de microgr.	10 cm3	100 gr.	8.766	8.754
3/20 —	—	—	8.745	8.760
1/4 —	—	—	8.770	8.758
1/2 —	—	—	8.753	8.760
1 —	—	—	8.762	8.755

2e série

Bromure de Radium 10 microgrammes +	Amylase à 0 3 0[0 30 cm3	Empois damidon à 10 0[0	Maltose trouvé au bout d'une heure	Maltose trouvé dans témoin
Au bout de 1 jour	10 cm3	100 gr.	6.535	6.542
— — 4 jours	—	—	6.527	6.515
— — 8 jours	—	—	6.542	6.538
— — 15 jours	—	—	6.530	6.533

BROMURE DE MESOTHORIUM

1re série

Bromure de mesothorium	Amylase à 0 3 0/0	Empois d'amidon à 10 0/0	Maltose trouvé au bout d'une heure	Maltose trouvé dans témoin
1/2 microgramme	10 cm3	100 gr.	8.680	8.685
1,5 —	—	—	8.665	8.658
2,5 —	—	—	8.682	8.692
5 —	—	—	8.652	8.660
10 —	—	—	8.678	8.680

2e série

Bromure de mesothorium 100 minogrammes H^2O 10 cm 3 +	Amylase à 0.3 0/0 30 cm3	Empois d'amidon	Maltose trouvé au bout d'une heure	Maltose trouvé dans témoin
Au bout de 1 jour	10 cm3	100 gr.	6.515	6.528
— — 4 jours	—	—	6.532	6.523
— — 8 jours	—	—	6.528	6.518
— — 15 jours	—	—	6.512	6.522

BROMURE DE THORIUM X

1re série

Bromure de thorium X	Amylase à 0.3 0/0	Empois d'amidon à 10 0/0	Maltose trouvé au bout d'une heure	Maltose trouvé dans temoin
1 microgramme	10 cm3	100 gr.	8.590	8.598
10 —	—	—	8.605	8.612
100 —	—	—	8.612	8.609
400 —	—	—	8.598	8.600

2e série

Bromure de thorium X 400 minogrammes H^2O 10 cm 3 +	Amylase à 0.30 0/0 30 cm3	Empois d'amidon à 10 0/0	Maltose trouvé au bout d'une heure	Maltose trouvé dans témoin
Au bout de 1 jour	10 cm3	100 gr.	6.554	6.545
— — 4 jours	—	—	6.561	6.568
— — 8 jours	—	—	6.547	5.550
— — 15 jours	—	—	6.550	6.542

Dans les secondes séries d'expériences, la solution de ferment avait été additionnée de fluorure de sodium à 2 0/00 pour éviter l'action des bactéries.

Dans tous ces essais les résultats ont été identiques, c'est-à-dire que les solutions radio-actives n'ont eu aucun effet sur l'amylase aucune activation pour les doses faibles — aucune diminution pour les doses fortes.

Les dosages de sucre ont été faits par la méthode de Gabriel BERTRAND dont voici la technique.

Cette méthode consiste en l'emploi d'une solution alcaline d'oxyde de cuivre dont on fait bouillir un excès avec un volume connu de la solution de sucre à doser. L'oxyde cuivreux est dissout par une solution acide de sulfate ferrique, dont une proportion correspondante passe à l'état de sulfate ferreux.

$$2\,Cu^2O + (SO^4)^3Fe + SO^4H^2 = 2\,SO^4Cu + H^2O + 2\,SO^4Fe$$

On dose ce dernier au permanganate de potasse d'après l'équation

$$10\,SO^4Fe + 2\,Mno^4K + 8\,SO^4H^2 = 5\,(SO^4)^3Fe^2 + SO^4K^2 + 2\,SO^4Mn + 8\,H^2O$$

et comme d'après l'équation

$$5\,C^2H^2O^4 + 2\,Mno^4K + 3\,SO^4H^2 = 10\,CO^2 + 2\,SO^4Mn + SO^4K^2 + 8\,H^2O$$

une molécule d'oxalate d'ammoniaque (142,1) équivaut à 2 Fe soit d'après l'équation (1) à 2 Cu — en multipliant le poids d'oxalate par $\frac{63,6 \times 2}{142,1} = 0,8951$ on a la quantité de cuivre qui correspond au volume de la solution de permanganate employé.

On défèque d'abord au sous acétate de plomb.

On introduit 20 cm3 de la solution sucrée, qui ne doivent pas contenir plus de 90 mmg de sucre, dans une fiole conique de 125 cm3. On ajoute 20 cm3 de liqueur cuivrique (SO^4 Cu 40 g. — H^2 0, q. s. p. 1 litre) et 20 cm3 de liqueur sodique, (sel de Seignette 200 gr. soude caustique 150 gr. H^2 O q. s. p. 1 litre) et l'on chauffe à l'ébullition que l'on maintient pendant 3 minutes exactement. On retire la fiole du feu, on laisse déposer l'oxydule de cuivre et on passe le liquide surnageant sur un filtre d'amiante fonctionnant à la trompe. On délaie le précipité restant dans un peu d'eau, on laisse déposer, et on décante encore le liquide sur un filtre. La fiole a filtration est alors vidée et rincée. Puis on dissout l'oxydule de cuivre dans la liqueur ferrique (sulfate ferrique 50 gr. — SO^4 H^2 200 gr. — H^2O (q. s. 1 litre) 5,10, 20 cm3 suivant les cas. On verse cette solution sur le filtre pour dissoudre la petite quantité d'oxydule qui s'y est déposée. On lave le filtre et la fiole conique à l'eau distillée et on titre tout le liquide rassemblé dans la fiole à filtration avec la solution de permanganate titrée à l'oxalate d'ammoniaque MnO4K 5g—H^2 O q. s. p. 1 litre.

Les rayons ultra-violets

Leur action

DUCLAUX (1) relate les principales recherches effectuées par l'action stérilisante de la lumière solaire ; d'après les travaux de DOWNES et BLUNT, de JANOWSKI, de KOTLIER, de GALEOTTI, de DIEUDONNÉ, de GEISLER, de KRUSE, etc... on voit que ce sont les rayons violets qui agissent à l'exclusion des autres.

SCHEELE (2), en 1770, observait que les rayons violets du spectre solaire décomposaient le chlorure d'argent. WOLLASTON un peu plus tard constatait que cette action s'étendait bien au-delà du spectre visible et en déduisit l'existence de rayons plus réfrangibles, invisibles pour nous, qui furent appelés ultra-violets.

Ces rayons ultra-violets sont des rayons à longueur d'onde très courte, d'autant plus courte qu'on s'éloigne du violet. Toutefois pour avoir des longueurs d'onde plus courtes encore il faut s'adresser aux sources artificielles. Les travaux de PLUCKER en 1856, sur les spectres des gaz conduisirent à la découverte de la lampe à vapeurs de mercure par

---

(1) DUCLAUX. — *Traité de microbiologie, Paris* 1898, p. 330.

(2) GUILLEMINOT. — Rayons X et radiations diverses, Paris 1910.

ARONS en 1892. Ceux de CROOKES sur la décharge dans le vide conduisirent à la découverte des rayons cathodiques par HITTORF en 1868 et des rayons X par RONTGEN. Les rayons X, les rayons γ du radium, les rayons ultra-violets possèdent un grand nombre de propriétés communes surtout au point de vue de leur action chimique, mais ils se différencient par leurs longueurs d'ondes.

Rayons X et rayons γ du radium $\lambda < 0,005\ \mu$

Rayons ultra-violets ordinaires $\lambda = 0,11$ à $0,40\ \mu$

THÉVENOT et NOGIER (3) étudiant en 1905 et 1906 l'action bactéricide de la lampe à vapeur de mercure avaient constaté que ce pouvoir était presque nul, sans doute parce que ces lampes étaient en verre. MARSHALL WARD avait montré en effet que le verre absorbe les rayons ultra-violets de courte longueur d'onde. Aussi se sert-on maintenant de lampes Héraéus ou de lampes Cooper-Héwitt en quartz qui n'absorbent pas les rayons ultra-violets.

L'action des rayons ultra-violets à courte longueur d'onde est intense sur un grand nombre de substances organiques.

En 1907, DREYER et HANSEN (4) observent qu'ils

---

(3) THEVENOT et NOGIER. — *Arch. élec. med.* p. 651, Bordeaux 1907.

(4) DREYER et HAUSSEN. — C/R. *Ac. sc.* — C X L V, n. 234, 1907.

ont un pouvoir cuagulant très net vis à vis des substances albuminoïdes (Toxines — enzymes — albumines du sérum, albumines de l'œuf, vitelline, globuline). Au contraire, les solutions de caséine, des produits de transformation des matières albuminoïdes (syntonine-peptone) ne troublent pas, elles jaunissent un peu seulement. La solution de lécithine jaune se décolore sans qu'il se produise de trimethylamine sensible à l'odorat. Ces auteurs ont constaté aussi (5) l'affaiblissement de la présure, de la trypsine, de la papayotine, de la ricine, de l'abrine, de la coli-agglutinine sous l'influence des rayons ultra-violets à courte longueur d'onde.

En 1908, NOGIER et THÉVENOT mirent en évidence (6) les propriétés bactéricides de ces rayons vis à vis des bacillles d'EBERTH et de LOEFFLER.

En 1908 et 1909 NOGIER et COURMONT (7) appliquèrent ces propriétés à la stérilisation de l'eau potable.

En 1909 également V. HENRI et STODEL les appliquèrent à la stérilisation du lait (8).

On étudia également l'action de ces rayons sur les toxines. COURMONT ET NOGIER (9) avaient observé une

---

(5) DREYER et HAUSSEN. — C/R. *Ac. sc.* — C X L V, p. 564, 1907.

(6) NOGIER et THÉVENOT. — *Cong. p — l'av. d sc.* 1908.

(7) NOGIER et COURMONT. — C/R. *Ac. sc.* — C X L V III, p. 523, 1909.

(8) V. HENRI et STODEL. — C/R. *Ac sc.* — C X L V III, p. 582, 1909.

(9) COURMONT et NOGIER. — C/R. *Ac. sc.* — C X L V III, p. 658, 1909.

légère atténuation de la toxine tétanique, mais Victor HENRI et Mlle CERNOVODÉANU (10) opérant sur la toxine diluée, en constatèrent la destruction complète.

Leur action sur les cellules vivantes végétales n'est pas moindre. COURMONT et NOGIER (11) avaient déjà signalé en 1908 qu'une cellule végétale cesse de vivre après être restée quelques instants exposée aux rayons ultra-violets.

RAYVAUD (12) montra la nocivité des rayons ultra-violets à courte longueur d'onde sur les champignons : phycomyces nitens, rhizopus nigricans, stérygmatocytis nigra.

MAQUENNE et DEMOUSSY (13) utilisant la lampe Héraéus déterminèrent la mort rapide des cellules de plantes vertes.

Les tissus animaux sont touchés eux aussi par la lumière ultra-violette et en particulier l'épiderme et les yeux (14).

Devant ces faits, nous avons pensé qu'il serait peut-être intéressant de voir quelle serait l'action des rayons ultra-violets à grande longueur d'onde sur les diastases.

---

(10) V. HENRI et CERNOVODEANU. — C/R. *Ac. sc.* — C X L I X p. 365, 1909.

(11) COURMONT et NOGIER. — *Arch. élec. med.* Bordeaux, p. 605, 1908.

(12) RAYVAUD. — C/R. *Ac. sc.* C X L I X, p. 634, 1909.

(13) MAQUENNE et DEMOUSSY. — C/R. *Ac. sc.* C X L I X, p. 756, 1909.

(14) MONPILLARD. — *Soc. Opht.* 5 avril 1910.

Nos expériences

Nous avons écarté pour nos essais les rayons ultra-violets à courtes longueurs d'ondes des lampes à vapeurs de mercure. Les travaux que nous avons indiqués et ceux de BERTHELOT montrent que ceux-ci sont par trop énergiques et que indépendamment de l'action destructive sur la diastase leur action sur les hydrates de carbone fausserait les résultats. Victor HENRI a montré que les rayons de $\lambda = 0{,}2$ environ saccharifient l'amidon en l'absence de tout ferment.

Dans une communication faite à la Société de pathologie comparée le 12 décembre 1911 D. BERTHELOT résume ses travaux sur la synthèse par les rayons ultra-violets.

Quand on expose un mélange de vapeur d'eau et d'acide carbonique aux rayons ultra-violets, le premier effet produit est une double décomposition. L'acide carbonique donne de l'oxygène et de l'oxyde de carbone, et la vapeur d'eau de l'oxygène et de l'hydrogène. Puis l'hydrogène naissant s'unit à l'oxyde de carbone pour donner de l'aldehyde formique, le plus simple des hydrates de carbone. Puis celui-ci se condense pour former les sucres, les amidons, les celluloses en un mot les matières ternaires fondamentales des tissus végétaux.

A côté de ces composés ternaires se placent les composés quaternaires, les albuminoïdes qui constituent les plus simples des êtres vivants. Le mélange de gaz ammoniac et d'acide carbonique exposé aux rayons ultra-violets engendre l'amide

formique, la première et la moins compliquée des matières quaternaires.

L'action dissociante des rayons ultra-violets ne peut être mieux mise en évidence que par l'inversion du saccharose constatée par BERTHELOT et GAUDECHON (C. R. ac. sc. 10 février 1913).

Nous avons donc eu recours aux rayons ultra-violets de grande longueur d'onde, voisins de ceux du spectre visible.

La solution d'amylase a été placée dans un vase à précipiter, recouvert extérieurement d'un cylindre métallique formant miroir. On y a immergé la source lumineuse constituée par une ampoule de 50 bougies à filaments métalliques (dispositif analogue à celui indiqué par M. VOLMAR — bulletin Société chimique 4e série XXVII page 735).

L'exposition a duré quinze jours et le contrôle de l'activité avec une solution témoin a été faite au bout de 1-4-8 et 15 jours. Nous n'avons pu constater aucune différence.

Les mêmes essais ont été faits par exposition à la lumière solaire diffuse et ont été négatifs également.

Action nulle des sels de lanthane sur l amylase

Avec ou sans produits radio-actifs.
Avec ou sans rayons ultra-violets.

Nous avons enfin essayé l'action d'une terre rare le lanthane que l'on trouve dans la monazite comme le mésothorium pour voir s'il n'y aurait pas activation ou affaiblissement.

Les expériences relatées dans les tableaux suivants montrent que l'action du sulfate de lenthane est nulle.

Dans la 6e série nous avons opéré à 'étuve et non au bain-marie, car il y aurait eu impossibilité au bain-marie.

1re série

Chlorure de Lanthane	Amylase à 0.3 0/0	Empois d'amidon à 10 0/0	Maltose trouvé au bout d'une heure	Maltose trouvé dans témoin
1/10 mmg	10 cm3	100 gr.	8.430	8.422
1 mmg	—	—	8.448	8.450
3 mmg	—	—	8..428	8..430
5 mmg	—	—	8.435	8.433
1 centig.	—	—	8.440	8.436

2e série

Chlorure de lanthane 1 centig. +	Amylase à 0.3 0/0 40 cm3	Empois d'amidon à 10 0/0	Maltose trouvé au bout d'une heure	Maltose trouvé dans témoin
Au bout de 1 jour	10 cm3	100 gr.	8.425	8.536
— — 4 jours	—	—	8.540	8.538
— — 8 jours	—	—	8.536	8.527
— — 15 jours	—	—	8.532	8.535

3e série

Chlorure de lanthane 4 centig. Rayons ultra violets +	Amylase à 0.3 0/0	Empois d'amidon à 10 0/0	Maltose trouvé au bout d'une heure	Maltose trouvé dans temoin
Au bout de 1 jour	10 cm3	100 gr.	8.710	8.722
— — 4 jours	—	—	8.725	8.720
— — 8 jours	—	—	8.705	8.708
— — 15 jours	—	—	8.712	8.710

4e série

Chlorure de lanthane 4 centig. + Bromure de mesothorium 10 microg. H2 O 10 cm3 +	Amylase à 0.3 0/0 30 cm3	Empois d'amidon à 10 0/0	Maltose trouvé au bout d'une heure	Maltose trouvé dans témoin
Au bout de 1 jour	10 cm3	100 gr.	6.480	6.488
— — 4 jours	—	—	6.495	6.490
— — 8 jours	—	—	8.478	6.480
— — 15 jours	—	—	6.482	6.478

5e série

Chlorure de lanthane 4 centig. + Bromure de mesothorium 10 microg. H2 O 10 cm3	+ Amylase à 0.3 0/0 30 cm3 + Ray. ultra-violets	Empois d'amidon à 10 0/0	Maltose trouvé au bout d'une heure	Maltose trouvé dans témoin
Au bout de 1 jour	10 cm3	100 gr.	6.550	6.544
— — 4 jours	—	—	6.542	6.548
— — 8 jours	—	—	6.548	6.538
— — 15 jours	—	—	6.555	6.562

6e série

Chlorure de lanthane 1 centig. Bromure de mesothorium 10 microg. Rayons ultra-violets	Amylase à 0.3 0/0	Empois d'amidon à 10 0/0	Maltose trouvé au bout d'une heure	Maltose trouvé dans témoin
	10 cm3	100 gr.	8.590	8.597

Action des substances radioactives, des rayons ultra-violets à grande longueur d'ondes et des sels de lanthane sur la sucrase

Tous ces résultats négatifs obtenus tant avec les sels radioactifs qu'avec les rayons ultra-violets et les sels de lanthane nous ont incités à expérimenter sur un autre ferment pour donner plus de valeur à nos résultats. Ces nouveaux essais faits sur la sucrase ou invertine ont donc été en même temps une extension et un contrôle des premiers et un contrôle des expériences de LAZARUS.

La sucrase ou invertine a été découverte dans la levure de bière par BERTHELOT M. en 1860 (1). C'et un ferment hydrolysant qui a la propriété de dédoubler le saccharose, par addition d'une molécule d'eau en une molécule de glucose et une molécule de lévulose. Elle fait partie de la classe nombreuse des hydrolases qui contient autant de membres sinon plus qu'il y a de polysaccharides puisque BOURQUELOT (2) a pu établir les trois lois suivantes :

a) Pour hydrolyser les diverses combinaisons du glycose, il faut autant de ferments différents qu'il y a de combinaisons.

---

(1) BERTHELOT. — Sur la fermentation glucosique du sucre de canne. — C/R. *Ac. sc.* 1860, t. 50, p. 980-984.

(2) BOURQUELOT. — C/R. *Soc. Biol.* 21 mars 1903, p. 386.

b) L'hydrolyse intégrale d'un poly saccharide exige autant d'actes fermentaires différents que ce composé renferme de molécules sucrées moins une.

c) Dans l'hydrolyse d'un poly saccharide les ferments doivent agir successivement et dans un ordre déterminé.

La sucrase est secretée également par l'aspergillus niger (GAYON) (3) et par notre intestin (CLAUDE BERNARD 1873) (4).

Nous avons expérimenté sur celle de l aspergeilus niger — celle-ci étant très active. On l'obtient ainsi :

Lorsque l'aspergillus a terminé son développement sur le milieu de Raulin, après 3 ou 4 jours environ on fait écouler le liquide épuisé qu'il surnage et on le remplace par de l'eau distillée. On recommence cette opération 2 ou 3 fois de manière à bien laver la face inférieure du mycelium, et finalement on laisse ce dernier flotter sur une nouvelle quantité d'eau distillée. On replace la culture à l'étuve à 37 et on abandonne 24 h. On recueille le liquide de macération, on filtre et on a ainsi un liquide très actif.

Nos essais effectués et comme pour l'amylase ont eu les mêmes résultats.

Nous avons d'ailleurs vérifié comme pour l'amylase que sa charge était électro-négative.

---

(3) GAYON. — Voir Bertrand — *Guide de manipulation de Chimie Biologique.*

(4) C. BERNARD. — Voir Gley. — *Physiologie.* 1911.

Résultats acquis

1° L'amylase et la sucrase sont des colloïdes négatifs.

2° Les substances radio-actives mises en contact direct avec elles n'ont aucune action sur leur activité.

3° Il en est de même pour les rayons ultra-violets à grande longueur d'onde et pour le chlorure de lanthane, seuls ou associés aux sels radio-actifs.

CONCLUSION

Que faut-il penser des résultats acquis par les différents auteurs que nous avons cités et par nous ?

La pepsine colloïde positif et la plupart des ferments ne sont pas touchés par les radiations du radium. Il y a contradiction pour la trypsine entre V. HENRI et A. MAYER et DANISZ. D'autre part, les corps radio-actifs mis en solution avec l'amylase et la sucrase, ne leur font subir aucune modification. Ce qui confirme les expériences de LAZARUS sur la trypsine et la sucrase.

Ainsi que nous l'avons déjà dit, il est probable que les résultats positifs obtenus pour certains ferments (chymosine, invertine, émulsine, etc.), sont dus à des erreurs d'expérience et nous sommes persuadés que les diastases n'ont rien à redouter des agents qui ne modifient pas leur état colloïdal.

Au contraire, toute cellule ou tout organisme, en un mot tout élément organisé, est atteint par l'action des radiations radio-actives.

C'est que l'organisation est la condition siné qua nun de la vie. La matière organisée seule vit « pour l'homme primitif, comme pour le poète de tous les temps, tout vit, tout bruit exprime la palpitation d'un être qui sent comme nous », dit DASTRE (1). Mais malgré les dissertations des philo-

(1) DASTRE. — *La vie et la mort*, p. 232. *Flammarion* 1911.

sophes et les efforts de savants tels que LOEB, on est obligé de reconnaître que ce qui vit est organisé, a une évolution, possède la propriété de se reproduire. Toutes les manifestations de vie attribuées à des minéraux, ont été finalement ramenées à des phénomènes physiques connus.

Pour ce qui est des diastases, il est tentant de les considérer comme douées de vie étant donné la quantité considérable de matières qu'elles sont capables de transformer.

J. DUCLAUX (2) dit : « Il est certain que les diastases retiennent quelque chose de leur origine vitale ». Il donne comme raisons : leur peu de résistance à la chaleur, la température optima pour leur activité, le fait qu'un chauffage prolongé les désaltère beaucoup plus qu'un chauffage de courte durée au même degré de température.

Mais toutes ces propriétés sont celles des colloïdes, quels qu'ils soient, et rien ne saurait les en distinguer.

Il faut au contraire considérer uniquement les diastases comme des colloïdes et les étudier dans ce sens ; DUCLOS ne le nie pas d'ailleurs, puisqu'il dit (3) « c'est un fait bien connu que les diastases se présentent sous la forme de colloïdes ».

Et leur action n'est autre qu'une action de catalyse. On a déjà trouvé, par exemple : que dans la laccase l'élément actif était le manganèse ; la laccase étant une oxydase et le

---

(2) J. DUCLOS. — *La chimie de la matière vivante*, p. 87. Félix Alcan 1911.

(3) J. DUCLOS. — *Les colloïdes*, p. 248. Gauthier-Villars 1920.

manganèse un agent d'oxydation de premier ordre, la relation est évidente. On est arrivé d'ailleurs à réaliser des diastases artificielles : les acides tungstique et arabique colloïdaux condensent à leur surface, par suite de l'adsorption, une quantité considérable de sucre et en hydraulisent 500 fois plus qu'un acide ordinaire. Et DUCLOS (4) écrit lui-même : « Il ne reste peut être pas grand chose à faire pour que la synthèse d'une sucrase aussi active que celle de la levure ou de l'aspergillus devienne un fait accompli. »

Les diastases sont donc des catalyseurs, elles doivent leur action catalytique à leur état colloïdal et la grandeur de cette action dépend uniquement de la charge électrique de leurs micelles et de la grosseur de celles-ci (car plus les micelles sont petites, plus la surface agissante est grande).

(4) J. DUCLOS. — *Les colloïdes*, p. 255. Gauthier-Villars 1920.

TABLE DES MATIÈRES

Avant-propos 15

Introduction 16

L'Amylase 17

Nature colloïdale de l'amylase. — Sa charge électronégative. 22

Substances radioactives employées 27

Dosage des matières radioactives 31

Action des rayons du radium sur les colloïdes 34

Action des rayons du radium sur les organismes vivants et leurs produits 35

Nos expériences 42

Les rayons ultra-violets — Leur action 46

Nos expériences 50

Action nulle des sels de lanthane sur l'amylase, avec ou sans produits radioactifs, avec ou sans rayons ultra-violets 52

Actions des précédents agents sur la sucrase 54

Résultats acquis 56

Conclusion 57

Imprimerie A. de REUSSE
58, Rue J.-J.-Rousseau, PARIS

Vu : Bon à imprimer

Le Président de la thèse,

E. LABORDE.

Vu et approuvé :

Le Doyen de la Faculté de Pharmacie,

JADIN.

Vu et permis d'imprimer :

Le Recteur de l'Académie de Strasbourg,

CHARLETY.